

Aus der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und
Kieferkrankheiten - Kieferchirurgische Klinik -

(Direktor: Prof.Dr.Dr.H. Scheunemann)

der Johannes Gutenberg - Universität Mainz

Vergleichende, tierexperimentelle Untersuchungen über
die Regenerationsfähigkeit des Nervus alveolaris inferior
nach primärer und sekundärer autologer Nerventransplantation

Inauguraldissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Medizin
der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz den
Medizinischen Fachbereichen

vorgelegt von

Wolfgang Bähren

aus Schwollen

Mainz

1975

1976



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554413_0054

Aus der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und
Kieferkrankheiten - Kieferchirurgische Klinik -

(Direktor: Prof.Dr.Dr.H. Scheunemann)

der Johannes Gutenberg - Universität Mainz

Vergleichende, tierexperimentelle Untersuchungen über
die Regenerationsfähigkeit des Nervus alveolaris inferior
nach primärer und sekundärer autologer Nerven transplantation

Inauguraldissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Medizin
der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz den
Medizinischen Fachbereichen

vorgelegt von

Wolfgang Bähren

aus Schwollen

Mainz

1975



Fachbereichsdekan : Prof. Dr. K. Fuhr

Referent : Prof. Dr. Dr. J.-E. Hausamen

Korreferent : Prof. Dr. M. Samii

Tag der mündlichen Prüfung : 5. Mai, 1976

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung
2. Methodik
 - 2.1. Versuchstiere und ihre Haltung
 - 2.2. Durchführung der Versuche
 - 2.3. Die histologische Auswertung
 - 2.3.1. Die Fixierung der Nerven
 - 2.3.2. Die quantitative Auswertung
 - 2.3.2.1. Die Bestimmung der Gesamtnervenzahl
 - 2.3.2.2. Die Bestimmung der Regenerationquote
 - 2.4. Methodische Fehlermöglichkeiten
 - 2.4.1. Fehlermöglichkeiten bei der Ausführung der Operation
 - 2.4.2. Fehler bei der histologischen Auswertung
 - 2.4.2.1. Konservierung und Einbettung der Nerven
 - 2.4.2.2. Die Nervenfaserzählung

3. Untersuchungsergebnisse

3.1. Die makroskopischen Befunde

3.2. Quantitative histologische Auswertung

3.2.1. Tabelle I

3.2.2. Tabelle II

3.2.3. Diagramm

3.2.4. Abbildungen

4. Diskussion der Ergebnisse

5. Zusammenfassung

6. Literaturverzeichnis

7. Dank

8. Lebenslauf

1. Einleitung

Der günstigste Zeitpunkt für die operative Versorgung einer Nervenverletzung wird bis heute recht unterschiedlich beurteilt. Bei der Diskussion des Operationszeitpunktes werden von den verschiedenen Autoren meist die Begriffe der primären Nervennaht und der frühen Sekundärnaht angewendet.

Die primäre Nervennaht ist die Versorgung eines Nerven durch die noch offene Wunde zur gleichen Zeit, da die Wunde selbst operativ behandelt wird (ZACHARY und HOLMES, 1946). GRABB (1968) definiert den Begriff der primären Nervennaht rein zeitlich, indem er sagt, daß 8 - 12 Stunden nach der Verletzung die Enden des durchtrennten Nerven zusammengefügt sein müssen.

Die frühe Sekundärnaht beinhaltet, daß gewöhnlich 3 - 4 Wochen nach der Verletzung, ganz sicher aber innerhalb von 6 Monaten eine Vereinigung der Nervenstümpfe erfolgen muß (GRABB, 1968).

Während LARSEN und POSCH (1958) und GRABB (1968) zu der Schlußfolgerung kommen, daß die primäre Nervennaht zu den besten Ergebnissen führt, hält MILLESI (1972) die Indikation zur primären Nervenwiederherstellung nur unter bestimmten Bedingungen gegeben:

1. Vorliegen einer glatten Hautwunde,
2. die Nervenstümpfe werden in der Wunde leicht gefunden,
3. es besteht kein Nervendefekt,
4. es liegen optimale personelle, technische und zeitliche Bedingungen vor,
5. es bestehen keine Nebenverletzungen.

SEDDON (1969) befürwortet die primäre Nervenwiederherstellung dann, wenn der Nerv durch einen scharfen Gegenstand verletzt worden ist und eine saubere Schnittwunde vorliegt.

Gegenüber diesen Meinungen halten andere Autoren die frühe sekundäre Nervennaht allgemein der primären Nervennaht für überlegen (MICHON und MASSE, 1964, SAKKELARIDES und HARILAOS, 1962, ZACHARY und HOLMES, 1946, WOODHALL und LYONS, 1946, NIGST, 1953).

SAMII (1972) bevorzugt ebenfalls die sekundäre Naht des Nerven, vor allem um zwischen Neurapraxie (Veränderungen an den Markscheiden bei intakten Axonen), Axonotmesis (Kontinuität der Axone unterbrochen mit Wallerscher Degeneration bei erhaltener Grobstruktur des Nerven) und Neurotmesis (Kontinuität des Nerven vollständig unterbrochen oder hochgradig beeinträchtigt) zu unterscheiden. Dies ist in der Regel nach 8 - 12 Wochen möglich.

Im Gegensatz zu den bisher erwähnten Autoren kamen EWAN (1962) und KRUMBHOLZ und FREUND (1970) zu dem Ergebnis, daß sowohl mit der primären als auch mit der sekundären Versorgung von Nervenverletzungen annähernd gleiche Ergebnisse erzielt werden.

Zur Klärung der Frage nach dem günstigsten Zeitpunkt für die Versorgung einer Nervenverletzung soll in der vorliegenden Arbeit im Rahmen einer tierexperimentellen Untersuchung, bei welcher wir die Regenerationsquoten nach primärer und früher sekundärer Nervenwiederherstellung miteinander vergleichen, Stellung genommen werden.

2. Methodik

Die Versuchsmethodik wurde in Anlehnung an die von SAMII und WALLENBORN (1972) in der Publikation "Tierexperimentelle Untersuchungen über den Einfluß der Spannung auf den Regenerationserfolg nach Nerven-
naht" beschriebenen Methode gewählt.

2.1. Versuchstiere und ihre Haltung

Die Versuche wurden an 21 Kaninchen aus der Labortierzucht E. Stock (Gelnhausen) vorgenommen. Die Tiere waren durchschnittlich 9 - 12 Monate alt und wogen ca. 2,5 kg.

Die Tierhaltung erfolgte in Einzelkäfigen mit einer Größe von 55 cm x 50 cm x 45 cm. Ihre Nahrung bestand aus Altromin - Trockenfutter, welches in Futterspendern dargeboten wurde, und Wasser bis zu 500 ml täglich.

2.2. Durchführung der Versuche

Der Einfluß des Operationszeitpunktes auf die Regeneration des durchtrennten N. alveolaris inferior wurde an 21 Kaninchen untersucht. Zwei Versuchsgruppen, bei denen unterschiedliche Zeitintervalle zwischen Verletzung und Wiederherstellung bestanden, wurden miteinander verglichen.

Gruppe I - primäre Nervenversorgung:

10 N. alveolares inferiores wurden durchtrennt. Durch Resektion eines Nervenanteils entstand ein 1 cm großer Nervendefekt. Mittels autologer Transplantation eines 1,5 cm langen Nerventransplantates vom kontralateralen N. alveolaris inferior wurde der Defekt durch primäre Versorgung überbrückt.

Gruppe II - frühe sekundäre Nervenversorgung:

- a) 11 N. alveolares inferiores wurden durchtrennt.
- b) Nach Abheilung der Wunde wurde 4 Wochen postoperativ der entstandene Nervendefekt durch autologe Transplantation eines 1,5 cm langen Nerventransplantates im Sinne einer frühen sekundären Nervenversorgung überbrückt.

Beschreibung der mikrochirurgischen Nahttechnik:

Die Nerven Anastomosen wurden bei beiden Versuchsgruppen in der von MILLESI (1967, 1969, 1972) und SAMII (1970, 1972, 1975) angegebenen Nahttechnik durchgeführt.

Die mikrochirurgische Operation erfolgte unter dem Operationsmikroskop der Firma Zeiss, dessen Objektiv eine Brennweite von 300 mm hat, und unter Zuhilfenahme von mikrochirurgischen Instrumenten.

Bei 10-facher Vergrößerung wurde zunächst das Epineurium vom gesamten 1,5 cm langen Transplantat und von den Stumpfenden des wiederherzustellenden Nerven auf einer Länge von 3 mm schonend abpräpariert. Die aus den Stumpfenden ausquellenden Axone wurden zur Erzielung einer exakt glatten Schnittfläche resiziert. Das autologe Transplantat vom N. alveolaris inferior der kontralateralen Seite, um ein Drittel länger als der zu überbrückende Defekt, konnte absolut spannungsfrei zwischen distales und proximales Stumpfende des linken N. alveolaris inferior eingepaßt werden. Nach sorgfältiger Adaptation des Transplantates mit den Stumpfenden erfolgte die Fixierung der Anastomose mittels einer Einzelknopfnäht je distal und proximal, wobei besonders auf die rein perineurale Naht geachtet wurde. (MILLESI, 1972,

SAMII, 1970, 1972, 1975). Als Nahtmaterial kamen
10-0 (25 μ) starke, atraumatische, monofile Fäden
zur Anwendung (Abbildung Nr. 1, Seite 25).

Ablauf der Versuche bei Gruppe I (primäre Versorgung)

Die Darstellung des N. alveolaris inferior erfolgte bei allen Tieren unter gleichen Versuchsbedingungen.

Unter sterilen Kautelen wurden am narkotisierten Tier (Nembutal 35 mg/kg Körpergewicht i.v. in die Ohrrend-vene) die Weichteile subperiostal zunächst am rechten Unterkieferrand abgelöst und der Austrittspunkt des rechten N. mentalis aus dem Foramen mentale dargestellt.

Von diesem ausgehend wurde der den Nervenkanal bedeckende Knochen umbohrt und die den Nerven bedeckende Knochenlamelle sorgfältig herausgelöst. Bei schonendem Vorgehen konnte der Nerv auf einer Länge von ca. 2 cm freigelegt und für den Gebrauch als autologes Transplantat entnommen werden. Bis zu der etwa 30 Minuten später erfolgten Transplantation wurde das Transplantat in physiologischer NaCl-Lösung aufbewahrt. Die Operationswunde am rechten Unterkiefer wurde mit Hautnähten verschlossen. Im Anschluß daran erfolgte die Darstellung des linken N. alveolaris inferior unter entsprechendem Vorgehen. Der N. alveolaris inferior wurde mobilisiert und durch Resektion eines 1 cm langen Teilstücks ein Defekt geschaffen, den wir durch ein autologes Transplantat primär, mittels der von MILLESI (1967, 1969, 1972) und SAMII (1970, 1972, 1975) angegebenen Technik überbrückten.

Der Verschuß der Operationswunde erfolgte durch eine Subcutannaht und eine Hautnaht mit einem 5-0 starken, monofilen Kunststofffaden.

Ablauf der Versuche bei Gruppe II (frühe Sekundärnaht)

An den 11 Kaninchen der Gruppe II (frühe Sekundärversorgung) führten wir zunächst eine Voroperation aus: nach Darstellung des linken N. mentalis und des Unterkieferknochens durchtrennten wir den Knochen und das darin verlaufende Gefäßnervenbündel mit Hilfe eines Rosenbohrers. Hierdurch erzielten wir eine 3 mm breite traumatisierte Wunde des Gefäß-Nervenbündels. Die Operationswunde wurde mit Hautnähten verschlossen.

Nach durchschnittlich 4 Wochen nach der Durchtrennung erfolgte die Darstellung des linken N. alveolaris inferior auf gleiche Weise wie bei den Tieren der Gruppe I. Der in der Voroperation gesetzte Defekt am N. alveolaris inferior wurde bei der Anfrischung der Nervenstümpfe auf ca. 1 cm ausgedehnt.

Anschließend wurde mit Hilfe des unmittelbar vorher entnommenen 1,5 cm langen Transplantates vom rechten N. alveolaris inferior die Defektüberbrückung nach der schon beschriebenen Technik als frühe Sekundärversorgung durchgeführt.

2.3. Die histologische Auswertung

2.3.1. Die Fixierung der Nerven

Die Nerven wurden 20 Wochen nach der Transplantation am narkotisierten Tier entnommen. Die Technik der histologischen Aufarbeitung zur quantitativen Auswertung der Nerven wurde in Anlehnung an die von SCHRÖDER und SEIFFERT (1970) in der Publikation " Die Feinstruktur der neuromatösen Neurotisation von Nerventransplantaten " beschriebenen Methode gewählt.

Wir spannten die ca. 3 cm langen Nerven zur Vermeidung einer Scheumpfung auf einen Holzstab auf und markierten das proximale Ende. Anschließend wurden die Nerven für eine halbe Stunde in 3,9 %-igem Glutaraldehyd, das mit einem isoosmolaren und auf den ph von 7,4 eingestellten Puffer nach SPØRENSEN versetzt war, eingebracht. Bis zu ihrer histologischen Aufarbeitung wurden die Nerven in 10 %-igem neutralisierten Formol fixiert.

2.3.2. Die quantitative Auswertung

Zur weiteren histologischen Aufarbeitung wurde ein ca. 5 mm langes Teilstück distal und proximal der Nahtstellen abgetrennt und über Nacht gewässert. Anschließend wurden sie über 4 Stunden in 1 %-OsO₄-Lösung aufbewahrt, nochmals gewässert und zur Anfertigung 4 μ - 6 μ dicker Querschnitte in Paraffin eingebettet.

Bei der quantitativen Auswertung wurden bestimmt:

1. die Gesamtzahl der Nervenfasern im proximalen und distalen Querschnitt,
2. der prozentuale Anteil der Nervenfasern im distalen Querschnitt gemessen an der Gesamtzahl der Nervenfasern im proximalen Querschnitt.

2.3.2.1. Die Bestimmung der Gesamtnervenzahl

Die Auszählung der Gesamtzahl der Nervenfasern im proximalen und distalen Querschnitt erfolgte unter dem Mikroskop bei 500-facher Vergrößerung mit Hilfe eines Netzmikrometers.

2.3.2.2. Die Bestimmung der Regenerationsquote

Die Nervenfasernzahl des proximalen Nervenquerschnitts wurde 100 % gleichgesetzt und der distale, relative Nervenfasernanteil wie folgt berechnet:

$$Nf_R (\%) = \frac{Nf_{dist}}{Nf_{prox}} \cdot 100 \%$$

Nf_R = Regenerationsquote

Nf_{dist} = Anzahl der distalen Nervenfasern

Nf_{prox} = Anzahl der proximalen Nervenfasern

2.4. Methodische Fehlermöglichkeiten

2.4.1. Fehlermöglichkeiten bei der Ausführung der Operationen

Die Nervenwiederherstellung unter dem Mikroskop ist eine technisch nicht einfache Operation, die nur dann Erfolg verspricht, wenn eine Reihe von Faktoren berücksichtigt werden (SAMII, 1972):

1. die sichere Beurteilung des Ausmaßes der Nervenläsion,
2. ein absolut gewebschonendes Operieren,
3. eine exakte Adaptation der Nervenstümpfe,
4. eine totale Entfernung des Epineuriums, das als Hauptquelle der Fibrose im Bereich der Nerven-anastomose zu gelten hat,
5. die Durchführung einer spannungslosen perineuralen Naht unter Anwendung autologer Nerventransplantate.

Außerdem spielen persönliche Eignung und Tagesfitness des Operateurs eine Rolle.

Die Operationsbedingungen konnten weitgehend konstant gehalten werden. Alle Operationen wurden von dem gleichen Operateur ausgeführt. Die Nerven wurden alle in gleicher Höhe durchtrennt. Dadurch, daß wir die Methode

der autologen Nerven-Transplantation wählen, konnte in allen Fällen eine absolut spannungsfreie Überbrückung des Defektes mit einem um ca. 20 % gegenüber dem Defekt längeren Transplantat gewährleistet werden. Die Adaptation und die Kongruenz der distalen und proximalen Stümpfe mit den Stumpfenden des Transplantates waren weitgehend gleich, weil als Transplantat ein im Kaliber passender, von der Gegenseite entnommener N. alveolaris inferior diente.

Die Anzahl der Nähte und die Menge des eingebrachten Nahtmaterials waren bis auf zwei Abweichungen bei allen Nerven gleich. Bei einem Nerven wurden proximal 2 Nähte statt einer Naht eingelegt, bei einem anderen Nerven mußten distal 2 Nähte gelegt werden.

Wir achteten bei allen Operationen auf gewebeschonendes Vorgehen.

Bei 6 Tieren führten die Operationen nicht zu dem gewünschten Erfolg. Die Gründe dafür sind im einzelnen:

1. bei Versuchstier Nr. 1 vergrößerte sich der Defekt durch wiederholte Resektion von noch neuromatös verändertem Nervengewebe an den Stumpfenden zu sehr, als daß er noch mit dem schon entnommenen Transplantat der Gegenseite hätte überbrückt werden können.

2. Bei Versuchstier Nr. 4 konnte der Nerv 20 Wochen postoperativ nicht vollständig ohne Läsion aus dem vernarbten Gewebe entnommen werden.

3. Die Versuchstiere Nr. 5, 8, 18 und 19 verstarben vor Ablauf des Versuchszeitraumes.

Es wurden 21 Transplantationen ausgeführt. Von diesen 21 Alveolarnerven konnten somit 15 histologisch quantitativ ausgewertet werden.

2.4.2. Fehlermöglichkeiten bei der histologischen Auswertung

2.4.2.1. Konservierung und Einbettung der Nerven

Bei der Fixation mit 1 %-iger OsO_4 - Lösung und bei der Dehydratation zur Vorbereitung der Paraffineinbettung kann es zu Schrumpfungen der Faszikel, zu Veränderungen der Faszikeldurchmesser und zu Veränderungen der Durchmesser der Einzelfasern kommen (HURSH, 1939). Da jedoch die Anzahl der Axone sich dadurch nicht verändert und bei unserer Fragestellung lediglich die absolute Zahl der Axone von Interesse ist, kann diese Fehlerquelle vernachlässigt werden.

2.4.2.2. Die Nervenfaserzählung

Auch bei gesunden Nerven gibt es, wie eine Untersuchung von GUTMANN und SANDERS (1942) zeigt, deutliche Unterschiede in der Nervenfaserzahl. Dies ist der Grund dafür, daß die relative Nervenfaserdichte nicht als brauchbarer Meßwert der Regeneration benutzt werden kann. Als Maß für die Regeneration sind als einziges die absoluten Nervenfaserzahlen der Gesamtnervenquerschnitte der distalen Nerven in Relation zur Gesamtzahl der proximalen Axone verlässliche Größen. Da die Nerven alle vollständig ausgezählt wurden, ergibt sich hier keine Fehlerquelle.

3. Untersuchungsergebnisse

3.1. Die makroskopischen Befunde

Bei den Versuchstieren der Gruppe II, bei denen das Gefäßnervenbündel im Mandibulärkanal, sowie die Kortikalis des Unterkieferknochens mit dem Rosenbohrer durchtrennt worden waren, zeigten sich nach 4 Wochen einige charakteristische, makroskopischen Befunde an Nerven und Knochen.

Bei allen Tieren hatte sich der 1 mm breite Knochendefekt durch Kallusbildung verschlossen. Teilweise konnten feine Knochenleisten senkrecht zur Verlaufsrichtung des Mandibulärkanals festgestellt werden. Diese führten zu einer Einengung des Mandibulärkanals, jedoch kam es in keinem Falle zu einem vollständigen Verschluß des Kanals. Bei keinem der Tiere dieser Versuchsgruppe war 4 Wochen nach der Voroperation eine Entzündung im Operationsbereich festzustellen.

Nach Entfernung der Kortikalis war zu erkennen, daß keiner der Nerven klinisch den Defekt durch Regeneration hat überbrücken können. Auf Grund von Retraktion und Degenerationserscheinungen an distalen und proximalen Stümpfen betrug der Nervendefekt in allen Fällen über 0,5 cm. Im Bereich des Defektes fand sich eine starke bindegewebige Vernerbung. In mehreren Fällen

waren die Nervenstümpfe durch die ausgedehnte Narbenbildung und durch fibrotische Veränderungen des Epineuriums im umgebenden Gewebe schwer aufzufinden. Dadurch wurde die für die Transplantation notwendige vorbereitende Präparation der Nervenstümpfe besonders erschwert.

Zwanzig Wochen nach den autologen Transplantationen wurden den Tieren die Nerven entnommen. Es war bei 2 Versuchstieren zu Infektionen gekommen. Bei Tier Nr. 13 war in der unmittelbaren Umgebung des Nerven der Mandibularknochen und Weichteile infiziert. In einem anderen Fall (bei Versuchstier Nr. 21) fand sich ein etwa bohnergroßer, submandibulärer Weichteilabszeß, der jedoch zum N. alveolaris inferior und zum Unterkieferknochen keine direkte Beziehung hatte.

Hinsichtlich der Regeneration der Kortikalis des Unterkieferknochens wurden unterschiedliche Beobachtungen gemacht. Bei der Hälfte der Kaninchen, die zum größeren Teil der Gruppe I (primäre Transplantation) angehörten, fand sich neugebildeter Knochen mit vollständiger Wiederherstellung des Mandibularkanals. Beim Entfernen der buccalen Wand des Mandibularkanals konnte festgestellt werden, daß sich zwischen dem neugebildeten Knochen und dem Epineurium bindegewebige Verwachungsstränge gebildet hatten. Bei der anderen Hälfte der Fälle war es nicht zu einer voll-

ständigen Wiederherstellung des Mandibularkanals gekommen. Überwiegend im distalen Anteil lag der Nerv noch frei, nur eingehüllt von Bindegewebe, welches mit dem stark vernarbten Periost über eine Strecke von ca. 1-2 cm verachsen war. Proximal vom Transplantat verliefen diese Nerven in dem zum Teil neugebildeten Mandibularkanal weiter.

3.2. Quantitative histologische Auswertung

Die besten Regenerationsergebnisse wurden eindeutig in der Gruppe mit primärer Transplantation gefunden. Die distalen Stümpfe zeigten zwischen 49,4 % und 92,0 % der Nervenfasernzahlen des proximalen Querschnittes mit einer durchschnittlichen Neurotisation von 75,7 % bei gleichmäßiger und dichter Verteilung der Nervenfasern (Abbildung Nr. 2 und 3, Seite 25 und 26).

Dem gegenüber fielen die Ergebnisse der Gruppe II deutlich ab. Durchschnittlich lag die Regenerationsquote in dieser Untersuchungsgruppe bei 47,6 % mit einem Maximalwert von 61 % und dem schlechtesten Resultat von 34,5 %. Insgesamt gesehen lagen in beiden Gruppen die jeweiligen Werte sehr dicht zusammen.

Nach statistischer Berechnung mit Hilfe des Wilcoxon-Tests (Irrtumswahrscheinlichkeit $p < 1\%$) ist die Regenerationsquote bei Gruppe I signifikant höher als bei Gruppe II.

3.2.1. Tabelle I

Quantitative Auswertung der Gruppe bei primärer
Versorgung des Nerven.

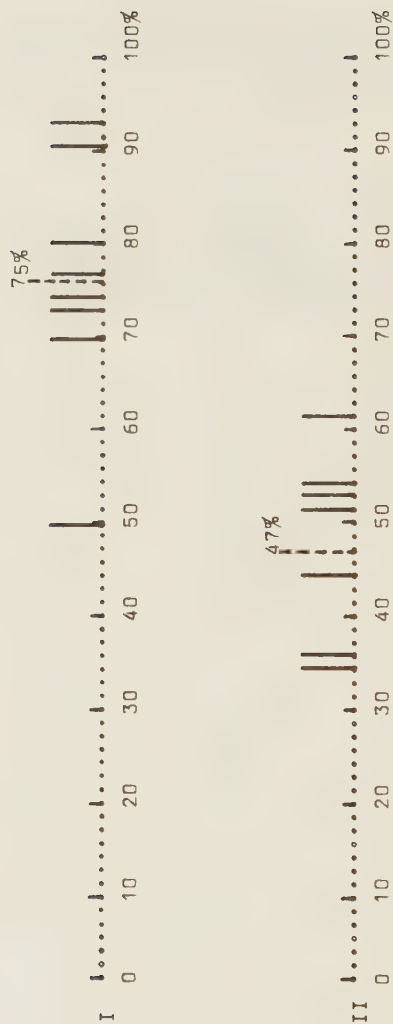
Versuchs-Nr.	Zahl der prox.Nf.	Zahl der dist.Nf.	$\frac{Nf_{dist}}{Nf_{prox}} \cdot 100 \%$
12	8.020	7.380	92,0 %
13	11.360	5.620	49,4 %
14	9.520	7.605	79,8 %
15	8.765	6.575	75,1 %
16	12.430	9.070	72,9 %
19	7.850	5.985	76,2 %
20	9.415	8.540	90,7 %
21	7.685	5.350	69,6 %

3.2.2. Tabelle II

Quantitative Auswertung der Gruppe bei früher
sekundärer Versorgung des Nerven.

Versuchs-Nr.	Zahl der prox. Nf.	Zahl der dist. Nf.	$\frac{Nf_{dist}}{Nf_{prox}}$	100 %
2	10.810	6.630	61,0 %	
3	11.900	4.160	34,5 %	
6	8.605	4.617	53,6 %	
7	9.810	4.315	44,0 %	
9	11.690	4.250	36,3 %	
10	8.270	4.270	51,6 %	
11	9.830	5.135	52,2 %	

3.2.3. Diagramm



I : Regenerationsquoten nach primärer Nerventransplantation
 mit dem Mittelwert von 75%.

II: Regenerationsquoten nach früher sekundärer Nerventransplantation
 mit dem Mittelwert von 47%.

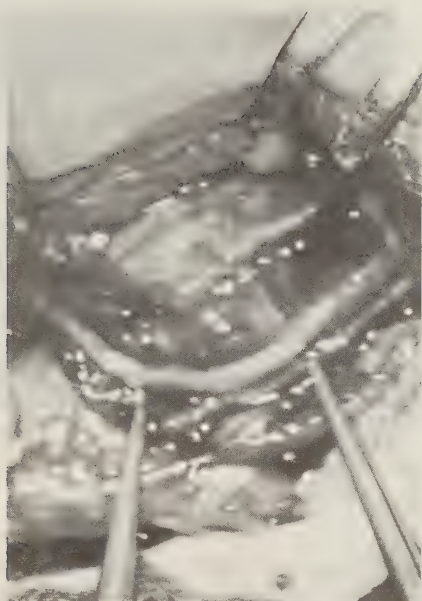


Abb. 1



Abb. 2

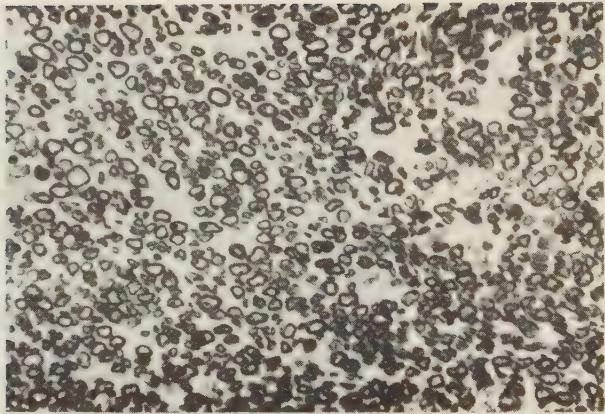


Abb. 3

Abb. 1 Operationssitus nach primärer Nerventransplantation (6-fache Vergrößerung). Zwischen distales und proximales Stumpfende des N. alveolaris inferior ist ein autologes Nerventransplantat eingepaßt und mittels Einzelknopfnähten fixiert.

Abb. 2 Histologisches Querschnittsbild (40-fache Vergrößerung) eines 20 Wochen postoperativ entnommenen N. alveolaris inferior, der durch primäre Transplantation versorgt worden war. Der Schnitt liegt distal des interponierten Transplantates.

Abb. 3 Der gleiche Nerv wie in Abb. 2 bei 160-facher Vergrößerung. Regenerationsquote 75,1 %.

4. Diskussion der Ergebnisse

Wenn man die Art und das Ausmaß von peripheren Nervenverletzungen genauer abklären will, gibt es nach SEDDON drei Typen von Läsionen, die frühzeitig durch klinische oder elektromyographische Kontrolluntersuchungen gegeneinander abgegrenzt werden können.

Die im elektrischen Befund, in Klinik und Prognose unterschiedlichen Läsionen bezeichnet SEDDON (1943) als:

1. Neurapraxie
2. Axonotmesis
3. Neurotmesis

Bei der Neurapraxie findet man eine Leitungsunterbrechung, jedoch ist die Kontinuität der Nervenfaser voll erhalten, wie dies z.B. bei Paresen nach kurzdauerndem Druck der Fall ist. Die Lähmung ist vorwiegend motorisch und innerhalb weniger Tage voll reversibel. Eine Operationsindikation besteht nicht.

Unter Axonotmesis versteht SEDDON (1943), daß die Kontinuität der Axone innerhalb der Nervenfaser unterbrochen ist, dabei aber die Grobstruktur des Nerven, das Neuralrohr, unbeschädigt bleibt. Der distale Anteil der Axone fällt der Wallerschen Degeneration anheim, wobei Markscheiden und Achsenzylinder in Fragmente zerfallen und

nach 15 - 20 Tagen in der Regel verschwunden sind. Die Schwann'schen Zellen weisen vom 4. Tag an zahlreiche Mitosen und Zellproliferation auf. Sie ordnen sich nach etwa 25 Tagen zu bandförmigen, synzytialen Verbänden, den Hanke-Büngnerschen Bändern, an (MUMEN-THALER, 1968). Die Folgen der Axonotmesis sind totale Paresen. Es ist aber eine meist vollkommene Heilung zu erwarten, da die Voraussetzungen für die Regeneration optimal sind. Die proximal gelegenen Axone können innerhalb des Neuralrohrs entlang der Hanke-Büngnerschen Bänder und ohne Behinderung von Bindegewebsproliferation vorwachsen, um ihre Erfolgsorgane und damit eine Restitution der klinischen Ausfallerscheinungen zu erreichen. Dieser Zustand ist das angestrebte Ziel, der Idealfall bei der operativen Wiederherstellung von Nerven, deren Kontinuität vollständig unterbrochen oder hochgradig beeinträchtigt ist. Diese komplette Durchtrennung eines Nerven wird als Neurotmesis bezeichnet.

Bezüglich der Versorgung verletzter Nerven durch primäre oder frühe sekundäre Naht kamen die Autoren BLACKWOOD und HOLMES (1946, 1954) zu unterschiedlichen Ergebnissen. Einerseits konnten sie an Hand von vergleichenden, tierexperimentellen Untersuchungen nachweisen (BLACKWOOD und HOLMES, 1946), daß nach primären Versorgungen verletzter Nerven günstigere Resultate zu erreichen sind als nach Sekundärversorgung. Bei der histologischen Auswertung von distalen Stümpfen im Rahmen dieser Untersuchung, bei

der die Ergebnisse nach experimenteller primärer und sekundärer Naht verglichen wurden, fanden sie, daß die sekundäre Naht nach 3 Monaten und noch stärker nach 6 Monaten weniger und kleinere regenerierte Nervenfasern erbrachte, als vergleichbare primäre Nähte. Außerdem waren bei den sekundären Nähten die regenerierenden Axone weniger weit in den distalen Stumpf eingewachsen. Die histologischen Untersuchungen ergaben, daß die Vereinigung der Stümpfe an den Nahtstellen weniger zufriedenstellende Ergebnisse bei den sekundären Nähten erbrachte. Bei Nervennähten am Menschen kamen BLACKWOOD und HOLMES (1954) jedoch zu der Auffassung, daß eine Reihe von technischen Gründen für die frühe Sekundärnaht sprechen.

Eine ähnliche Auffassung wie BLACKWOOD und HOLMES (1946) in ihrer tierexperimentellen Untersuchung vertritt GRABB (1968). In einer experimentellen Studie vergleicht er 30 primäre und 30 sekundäre Wiederherstellungen des N. medianus und N. ulnaris bei Rhesus Macaque Affen nach scharfer und stumpfer Durchtrennung, also Verletzungen, wie sie im Zivilleben häufig vorkommen. Die nach 9-monatiger postoperativer Wartezeit durchgeführten elektromyographischen Untersuchungen ergaben entschieden höhere Grade der motorischen Reinnervation bei den primären Nervennähten.

Sowohl BLACKWOOD und HOLMES (1946) als auch GRABB (1968) wandten zur Nervenversorgung die Technik der epineuralen Nervennaht an.

Die Nervenwiederherstellung unter dem Mikroskop, von SMITH (1964) inauguriert und von MILLESI (1967, 1969, 1972) im Europäischen Raum eingeführt und weiterentwickelt, ermöglicht die interfaszikuläre, perineurale Nervennaht und bringt wesentliche Verbesserungen gegenüber der epineuralen Nahttechnik. Dennoch bleibt die Primärnaht mit beträchtlichen Nachteilen verbunden (MILLESI, 1972). Zur Zeit der Primärversorgung ist es schwierig, bzw. oft sogar unmöglich, das Ausmaß der Schädigung der beiden Nervenstümpfe abzuschätzen. Es wird häufig zu wenig angefrischt. Nicht immer stehen genügend Zeit, eine erfahrene Operationsmannschaft und eine optimale Ausrüstung zur Verfügung. Nebenverletzungen und eine allfällige Wundinfektion können das Heilungsergebnis beeinträchtigen. Aus diesen Gründen befürwortet MILLESI die primäre Nervennaht nur unter bestimmten Bedingungen:

1. Vorliegen einer glatten Hautwunde,
2. die Nervenstümpfe werden in der Wunde leicht gefunden,
3. es besteht kein Nervendefekt,
4. es liegen optimale personelle, technische und zeitliche Bedingungen vor,
5. es bestehen keine Nebenverletzungen.

Für alle anderen Fälle empfiehlt er, die frühe Sekundärnaht anzuwenden. Dabei besteht jedoch möglicherweise die Schwierigkeit, daß es in der Zwischenzeit zu einer Retrak-

tion der Nervenstümpfe kommen kann, und somit die Notwendigkeit einer Defektüberbrückung gegeben ist (MILLES, 1972).

Ähnlich wie MILLES (1972) äußert sich SEDDON in der 1969 erschienenen Arbeit "Fortschritte in der Behandlung von Nervenverletzungen" dahingehend, daß primäre Nervennähte dann gute Resultate ergeben, wenn der Nerv durch einen scharfen Gegenstand verletzt worden ist und eine saubere Schnittwunde vorliegt. Seiner Auffassung nach ist dann eine dringliche Indikation zur Exploration und anschließenden Wiederherstellung gegeben. In allen anderen Fällen befürwortet auch er die Sekundärnaht.

Die Hauptargumente bei der Kritik der primären Naht sind (SCHÄFER, 1966) vor allem, daß

1. die Ausdehnung der Nervenschädigung nicht zu übersehen ist,
2. die Naht wegen der dünnen, zerreißbaren Nervenscheiden technisch schwieriger ist und es leichter zur Nahtruptur kommt,
3. die Gefahr der Einschnürung der Nahtstelle im Narbengewebe besteht und
4. die ausreichende Mobilisation des Nerven wegen der Infektionsgefahr nicht zu verantworten ist.

Das als frühe Sekundärnaht bezeichnete Verfahren wird von NIGST seit 1953 propagiert. Seiner Meinung nach besteht kein Zweifel darüber, daß die frühe Sekundärnaht am Menschen frühestens nach 3, meist aber nach 5 - 8 Wochen durchgeführt, technisch leichter ist und zudem die Beurteilung, wieviel resiziert werden muß, sicherer ist. Während bei partiellen Läsionen, bei Verletzungen kleinerer Nerven oder von Endästen, besonders an der Hand, von NIGST (1962) die Primäroperation bevorzugt wird, kommt bei durchtrennten Hauptnervenstämmen immer die frühe Sekundärnaht zur Anwendung.

Bei Nervennähten am Menschen kamen BLACKWOOD und HOLMES (1954) ähnlich wie ZACHARY und HOLMES (1946), SPURLING und WOODHALL (1946) und WOODHALL und LYONS (1946) zu der Auffassung, daß eine Reihe von technischen Gründen für die frühe Sekundärnaht sprechen. Die primäre Naht sollte nach ihrer Meinung aufgegeben werden, auch für die Fälle, bei denen augenscheinlich saubere Schnittwunden vorliegen. Sie begründen diese Empfehlung damit, daß erstens auch scharfe Gegenstände wie Glas intraneurale Schäden an beiden Seiten der Durchtrennungslinie hervorrufen können, und zweitens die Nervenenden durch die akute Ischämie auf Grund der Durchtrennung intraneuraler Blutgefäße ebenfalls geschädigt sein können.

Beim Vergleich von primären und frühen sekundären Nervennähten am Menschen kommen ZACHARY und HOLMES (1946) ebenfalls zu dem Ergebnis, daß die frühen Sekundärnähte bessere funktionelle Resultate erzielen als die primären Nähte. Bei der histologischen Untersuchung von 16 Nerven, die primär vereinigt worden waren, fanden sie, daß mangelhafte Technik, ungenügende Resektion der beschädigten Nervenenden und excessive postoperative Spannung an den Nahtstellen die Hauptgründe für die Mißerfolge waren.

Im Gegensatz zu allen bisher erwähnten Untersuchungen sahen KRUMBHOLZ und FREUND (1970) und EWAN (1962) keinen Unterschied im Regenerationsergebnis, gleich, ob man die Methode der primären oder die der frühen sekundären Nervenversorgung wählte.

KRUMBHOLZ und FREUND untersuchten (1970) die funktionellen Spätergebnisse von 58 Nervennähten gemischter, peripherer Nerven der oberen Extremität hinsichtlich deren unterschiedlicher motorischer, sensibler und vegetativer funktioneller Regeneration unter besonderer Berücksichtigung des Zeitintervalls zwischen Verletzung und Naht. Ähnlich wie EWAN (1962) kamen sie zu dem Ergebnis, daß bei der Gegenüberstellung der Regenerationsergebnisse und dem Zeitpunkt der Nervennaht keine Abhängigkeit bestand, sofern die Naht nicht später als 8 Monate nach der Verletzung durchgeführt wurde.

Bei der mikrochirurgischen Nahttechnik unter Anwendung der perineuralen Naht und vermehrten Einsatz der autologen Nerventransplantation, die von MILLESI (1968, 1969) angegeben wurde und auf deren Wert SAMII (1970, 1972, 1975) wiederholt hingewiesen hat, werden optimale Bedingungen für die Regeneration der Axone geschaffen.

Mit Hilfe dieser Methode erreichten wir in unserer eigenen tierexperimentellen Untersuchung als Beitrag zur Klärung dieses Problems bei den primären Nervenversorgungen mit einer Regenerationsquote von durchschnittlich 75 % unsere besten Resultate. Auch die Ergebnisse bei der frühen Sekundärnaht, mit ca. 47 % Regeneration, signifikant niedriger, stellen noch befriedigende Resultate dar. Die guten Ergebnisse nach primärer Defektüberbrückung wurden unter optimalen Operationsbedingungen erzielt. Durch die Verwendung eines autologen Transplantates war eine völlig spannungslose Transplantation gewährleistet. Es wurde mit Sicherheit vollkommen intaktes Nervengewebe anastomosiert, da die Nervienstümpfe ausreichend weit angefrischt wurden, und anschließend der Defekt sofort durch ein kalibergleiches Transplantat der Gegenseite überbrückt wurde. Es konnte absolut gewebsschonend operiert werden, weil keine Vernarbungen vorlagen. Die Menge des verwandten Nahtmaterials wurde sehr gering gehalten, da die Fixierung der adaptierten Nervenenden lediglich mit einer Einzelknopfnahnt unter Verwendung eines 25 μ dicken Nahtmaterials erfolgte. Das Epineurium konnte völlig entfernt werden.

Alle Faktoren, die zu einer Beeinträchtigung des Regenerationsvorganges durch bindegewebige Profileration hätten führen können, die Spannung an der Nahtstelle, die Traumatisierung, die Menge des Nahtmaterials und vorhandenes Epineurium (MILLES, 1967, 1972, SAMII, 1972, 1975) konnten weitgehend ausgeschaltet werden.

MILLES (1968) bezeichnet die Bindegewebsprofilierung im Rahmen des Vernarbungsprozesses an der Nahtstelle als den wichtigsten Faktor, der die Regeneration behindert. Diese Bindegewebsprofilierung nimmt zu einem wesentlichen Teil ihren Ausgang vom Epineurium. Wie SAMII et al (1972) überzeugend darstellen konnten, hängt das Ausmaß der Bindegewebsreaktion zu einem großen Teil von der Spannung, die an der Nahtstelle herrscht, ab. Da bei unseren Versuchen bei beiden Versuchsgruppen eine absolut spannungsfreie Transplantation gewährleistet war, scheidet die Spannung als Urheber der Bindegewebsvermehrung aus, die sich in erhöhtem Ausmaß bei den frühen sekundären Nervenversorgungen der Gruppe II deutlich bemerkbar machte.

Die Gründe für die geringere Regenerationsquote in der Gruppe II sind nach unserer Auffassung die starke bindegewebige Profileration und die deutliche Regenerationsbehinderung durch wuchernden Kallus im Bereich des durch die Voroperation gesetzten Defektes. Hier kommt der spezifischen anatomischen Situation des N. alveolaris in-

ferior, der ja in einem geschlossenen Nervenkanal verläuft, besondere Bedeutung zu.

Darüber hinaus war die Präparation der Stümpfe durch die hochgradig fibrotischen Veränderungen des Epineuriums und dessen Verwachsungen mit dem umgebenden Kallus erheblich erschwert.

Unsere Resultate in der Gruppe I, die unter Bedingungen zustande kamen, wie sie MILLESI (1972) für die primäre Naht fordert, weisen darauf hin, daß die primäre autologe Nerven transplantation zur Deckung eines Nervendefekts am N. alveolaris inferior zumindest beim Kaninchen eine höhere Regenerationsquote als bei der frühen sekundären Versorgung ermöglicht. Da die Ergebnisse im Tierexperiment erarbeitet wurden, lassen sie sich nicht ohne weiteres auf den Menschen übertragen. Der Heilungsprozeß wird beim Kaninchen durch unterschiedliche Bedingungen beeinflusst, einerseits z.B. durch die stärkere Kallusbildung, andererseits durch die hohe Widerstandskraft gegenüber Wundinfektionen.

Auf Grund der Tatsache, daß wir auch mit der Methode der frühen sekundären Nervenwiederherstellung noch befriedigende Regenerationsquoten erreichten, sind wir der Auffassung, daß man für die Versorgung verletzter N. alveolares inferiores beim Menschen die Entscheidung, ob primäre oder frühe sekundäre Nervenwiederherstellung zu

wählen ist, von Art und Ausmaß der Verletzung, vom Operationsbefund und von der Zeitspanne zwischen Schädigung und Operation in jedem einzelnen Fall abhängig machen muß.

Auf Grund unserer Untersuchungen können keine eindeutigen Folgerungen für die Wiederherstellung anderer verletzter Nerven am Menschen gezogen werden, da der anatomische Verlauf des N. alveolaris inferior in einem geschlossenen Knochenkanal für die Entstehung unserer Ergebnisse von besonderer Bedeutung war.

5. Zusammenfassung

Der günstigste Zeitpunkt für die operative Versorgung einer Nervenverletzung wird bis heute recht unterschiedlich beurteilt.

Aus diesem Grunde untersuchten wir den Einfluß des Operationszeitpunktes auf die Regeneration des durchtrennten N. alveolaris inferior an 21 Kaninchen.

Es wurden 2 Versuchsgruppen gebildet:

Gruppe I - primäre Versorgung:

10 N. alveolares inferiores wurden durchtrennt und der Defekt durch autologe Nerven-
transplantation mittels perineuraler Naht unter dem Operationsmikroskop überbrückt.

Gruppe II - frühe sekundäre Versorgung:

11 N. alveolares inferiores wurden durchtrennt. Nach Abheilung der Wunde wurde 4 Wochen postoperativ der Defekt in gleicher Weise wie bei Gruppe I überbrückt.

Die Nerven wurden 20 Wochen postoperativ entnommen. An histologischen Schnitten der Nerven, distal und proximal vom Transplantat gelegen, bestimmten wir durch Auszählen

der Nervenfasern die Regenerationsquote.

Die besten Ergebnisse erzielten wir bei den primären Versorgungungen mit einer Regenerationsquote von durchschnittlich 75 %. Bei der frühen Sekundärversorgung ergaben die Auszählungen eine Regenerationsquote von durchschnittlich 47 %.

Für die guten Ergebnisse nach primärer Defektüberbrückung sind die idealen Operationsbedingungen verantwortlich zu machen, unter denen diese Versuche stattfanden, während bei der sekundären Versorgung durch den Verlauf des N. alveolaris inferior im Unterkieferknochen und durch kallöse und bindegewebige Verwachsungen die Regeneration behindert war.

Da mit der Methode der frühen sekundären Nervenversorgung noch befriedigende Regenerationsquoten erreicht wurden, sind wir der Auffassung, daß man für die Versorgung des N. alveolaris inferior beim Menschen die Entscheidung, ob primäre oder frühe sekundäre Nervenwiederherstellung zu wählen ist, stets von den spezifischen Umständen der einzelnen Fälle abhängig machen muß.

6. Literaturverzeichnis

1. Berger, A., Meissl, G., Samii, M.
Experimentelle Erfahrungen über nahtlose Nerven-
anastomosen mit Kollagenfolien
Acta Neurochir. 23 (1970) 141
2. Bielschowsky, M., Unger, E.
Die Überbrückung großer Nervenlücken
J. Psychol. Neurol. (Lpz) 22 (1918) 267
3. Blackwood und Holmes
in: Medical Research Council, Nerve Injury
Committee, Hrsg. Seddon, H.J.
Peripheral Nerve Injuries
London, H.M. Stationary Office, (1954) 451
4. Blümke, S.
Zur Morphologie und Genese des Leitgewebes peri-
pherer Nervenregenerate
I. Lichtmikroskopische Untersuchungen an frühen
Regenerationsstadien
Zbl. allg. Path. (path. Anat.), 104 (1963) 228
5. Brooks, D.
The place of nerve-grafting in orthopaedic surgery
J. Bone and Joint Surg. 37 A (1955) 299

6. Bunnels, S., Boyes, J.H.
Nerve grafts
Amer. J. Surg. 44 (1939) 64
7. Cupar, J.
Über die Regeneration des Nervus alveolaris
inferior
Z. Stomat. 36 (1938) 353
8. Ducker, T.B., et al
A comparative study of the technique of nerve
repair
Surg. Forum 28 (1967) 443
9. Ducker, T.B.
Peripheral nerve injuries: a comparative study
of the anatomical and funktional results following
primary nerve repair in chimpanzees
Milit. Med. 133 (1968) 298
10. Edshage, S.
Peripheral nerve injuries - diagnosis and treat-
ment
New Engl. J. Med. 278 (1968) 1451

11. Edshage, S. et al

Evaluation of freezing as a method to improve cut surfaces in peripheral nerves preparatory to suturing

Plast. reconstr. Surg. 37 (1966) 196

12. Freedman, G.L., Gehring, J.D., Fitzgerald, M.J.T.

Inferior alveolar nerve regeneration with Millipore filter sleeves

J. Cand. dent. Assn. 36 (1970) 331

13. Grabb, C.W.

Median and Ulnar Nerve Suture

J. of Bone and Joint Surg. (1968) 963

14. Greve, K.

Autologische Befunde bei komplizierten Kieferfrakturen mit besonderer Berücksichtigung des Mandibularkanals

Dtsch. Mschr. Zahnheilk. 45 (1927) 458

15. Gutmann, E., Sanders, F.K.

Recovery of fiber numbers and diameters in the regeneration of peripheral nerves

J. Physiol. (Lond.) 101 (1942) 489

16. Hager, H.

Die Schwann'schen Zellen als Brücken der Regeneration
am peripheren Nerven

Med. Mitt. (Melsungen) 46 (1972) 53

17. Hausamen, J.E., Samii, M., Schmidtseder, R.

Tierexperimentelle Untersuchungen über die Regenera-
tionsfähigkeit des N. alveolaris mandibularis nach
traumatischer Schädigung bei Unterkieferosteotomien
und mikrochirurgischer Versorgung

Fortschritte der Kiefer- und Gesichtschirurgie

Bd. 18 (1974) 93

18. Hausamen, J.E., Samii, M., Schmidtseder, R.

Repair of the Mandibular Nerve by Means of Autolo-
gens Nerve Grafting after Resection of the Lower Jaw

J. Max. fac. Surg. 1 (1973) 74

19. Holmes, W.

Histological observations on the repair of nerves
by autografts

J. Surg. (Lond.) 35 (1947) 167

20. Hober, G.C.

Transplantation of peripheral nerve

Arch. Neurol. Psychiat. (Chic) 2 (1919) 466

21. Kline, D.G. et al

A comparative study of response species to peripheral nerve injury. II. Crush and severance with primary suture

J. Neurosurg. 21 (1964) 980

22. Koschitz-Kosic, H.

Chirurgie und Regeneration durchtrennter peripherer Nerven

Langenbecks Arch. klin. Chir. 301 (1962) 865

23. Krenkel, W.

Möglichkeiten und Grenzen der operativen Behandlung peripherer Nervenschädigung

Chir. Plast. Rec. 3 (1967) 21

24. Krücke, W.

Morphologische Pathologie traumatischer Nervenläsionen
Med. Mitt. (Melsungen) 46 (1972) 7

25. Krumbholz, S., Freund, E.

Funktionelle Spätergebnisse nach Naht durchtrennter gemischter peripherer Nerven

Zbl. Neurochir. 31 (1970) 69

26. Larsen, R.D., Posch, J.L.

Nerve injuries in the Upper Extremity

Arch. Surg. 77 (1958) 469

27. Lehmann, R.A. et al
Degeneration and regeneration in peripheral nerves
Brain 90 (1967) 285
28. Mc Ewan, L.E.
Median and Ulnar Nerve Injuries
Australian and New Zealand J. Surg. 32 (1962) 89
29. Medical Research Council, Nerve Injuries Committee
Hrsg.: Seddon, J.H.
Peripheral Nerve Injuries
London, H.M. Stationary Office (1954) 451
30. Metz, H.-J.
Neue chirurgische Methoden bei der Behandlung von
Verletzungen des N. mandibularis und des N. mentalis
Dtsch. zahnärztl. Z. 25 (1970) 1189
31. Michon, J., Masse, P.
Le Moment optimum de la suture nerveuse dans les
plaies du membre supérieur
Rev. Chir. orthop. 50 (1964) 205
32. Millesi, H.
Wiederherstellung durchtrennter peripherer Nerven
und Nerventransplantation
Münch. med. Wschr. 111 (1969) 2669

33. Millesi, H.

Klinische und experimentelle Erfahrungen bei der
Wiederherstellung peripherer Nervenläsionen
Langenbecks Arch. klin. Chir. 301 (1962) 893

34. Millesi, H.

Indikation und Technik der autologen und inter-
faszikulären Nerventransplantation
Med. Mitt. (Melsungen) 46 (1972) 181

35. Millesi, H., Ganglberger, J., Berger, A.

Erfahrungen mit der Mikrochirurgie peripherer
Nerven
Chir. Plast. Rec. 3 (1967) 47

36. Millesi, H., Meissl, G., Berger, A.

The Interfaszikular Nerve Grafting of the Median
and Ulnar Nerve
J. of Bone and Joint Surg. 54 A (1972) 727

37. Mumenthaler, M., Schliack, H.

Läsionen peripherer Nerven
Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1965

38. Nigst, H.

Die Chirurgie peripherer Nerven
Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1955

39. Nigst, H.

Operative Behandlungsmöglichkeiten bei Erkrankungen
und frischen Verletzungen peripherer Nerven
Langenbecks Arch. klin. Chir. 301 (1962) 855

40. Nigst, H.

Surgery of the peripheral nerves
Z. Unfallmed. Berufskr. 62 (1969) 199

41. Piotrowski, W.

Zum Problem der Nervennaht
Chir. Plast. et reconstr. 3 (1967) 56

42. Platt, H., Bristow, W.R.

The Remote Results of Operations for Injuries
of the Peripheral Nerves
British J. Surg. 11 (1924) 535

43. Sakellarides, Harilaos

A Follow-up Study of 172 Peripheral Nerve Injuries
in the Upper Extremity in Civilians
J. Bone and Joint Surg. 44 A (1962) 140

44. Samii, M.

Die operative Versorgung peripherer Nervenver-
letzungen
Therapie Woche 22 (1972) 2164

45. Samii, M., Willebrand, H.
Zur Indikation und mikrochirurgischer Technik von
autologen Nerven-transplantaten
Excerpta Medica Nr. 217 (1970) 39
46. Samii, M., Wallenborn, R.
Tierexperimentelle Untersuchungen über den Einfluß
der Spannung auf den Regenerationserfolg nach
Nervennaht
Acta Neurochirurgica 27 (1972) 87
47. Samii, M., Schürmann, K., Wallenborn, R., Scheinpflug, W.
Tierexperimentelle Untersuchungen über autologe und
homologe Nerven-transplantation
Med. Mitt. (Melsungen) 46 (1972) 333
48. Samii, M.
Modern Aspects of Peripheral and Cranial Nerve
Surgery
Advance and Technical Standards in Neurosurgery,
Vol 2 (1975) 33
49. Schäfer, E. R.
Nervennaht - Zeitpunkt und Technik
Hippokrates (Stuttgart) 25 (1964) 889
50. Schäfer, E. R.
The treatment of fresh, open nerve injuries
Chirurg 37 (1966) 67

51. Scharizer, E.

Probleme der Nervennaht

Dtsch. med. Wschr. 3 (1969) 132

52. Schnell, J.

Aufbereitung von Nerven als Interponate

Med. Mitt. (Melsungen) 46 (1972) 271

53. Schröder, J.M., Seiffert, K.E.

Die Feinstruktur der neuromatösen Neurotisation
von Nerventransplantaten

Virchow Arch. Abt. B-Zellpath. 5 (1970) 219

54. Schröder, J.M.

Zur Feinstruktur der Degeneration und Regeneration
im peripheren Nerven

Med. Mitt. (Melsungen) 46 (1972) 37

55. Seddon, H.J.

Fortschritte in der Behandlung von Nervenver-
letzungen

Triangle (En.) 8 (1968) 252

56. Seddon, H.J.

Nerve grafting

J. Bone and Joint Surg. 45 B (1963) 447

57. Seddon, H.J.

Three types of nerve injury

Brain 66 (1943) 237

58. Seddon, H.J.

The use of autogenous grafts for the repair of
large gaps in peripheral nerves

Brit. J. Surg. 35 (1947) 151

59. Seddon, H.J.

The surgery of nerve injuries

Practitioner 184 (1960) 181

60. Seddon, H.J.

Nerve grafting

Ann. roy. Coll. Surg. 32 (1963) 169

61. Simpson, H.E.

Injuries to the inferior dental and mental nerves

J. oral. Surg. 16 (1958) 300

62. Smith, J.W.

Microsurgery of peripheral nerves

Plast. rec. surg. 33 (1964) 317

63. Smith, J.W.

Factors influencing nerve repair. Blood supply of
peripheral nerves.

Arch. Surg. 93 (1966) 335

64. Sunderland, S.

The connective tissue of peripheral nerves
Brain 88 (1965) 841

65. Sunderland, S.

Observations on the Course of Recovery and Late
End Results in a Series of Cases on Peripheral
Nerve Suture
Aust. New. Zeal. J. Surg. 18 (1949) 264

66. Thomas, P.K.

The cellular response to nerve injury
I. The cellular outgrowth from the distal stump
of transected nerve
J. Anat. 100 (1966) 287

67. Thomas, P.K.

The cellular response to nerve injury
II. Regeneration of the perineurium after nerve
section
J. Anat. 101 (1967) 45

68. Weiss, P.

Experimentelle Untersuchungen zur Regeneration
des traumatisch geschädigten Nervus alveolaris
inferior
Fortschr. Kiefer- u. Gs Chir. 12 (1967) 35

69. White, J.C.

Nerve Regeneration after Replantation of Severed
Arms

Ann. of Surg. 170 (1969) 715

70. White, J.C.

Timing of Nerve Suture after a Gunshot Wound
Surgery 48 (1960) 946

71. Woodhall, Barnes and Lyons, W.R.

Peripheral Nerve Injuries. I. The Result of
Early Nerve Suture: a Preliminary Report
Surgery 19 (1964) 757

72. Zachary, R.B. and Holmes, W.

Primary Suture of Nerves
Surg. Gynec. and Obstet. 82 (1946) 632

7. Dank

Es ist mir eine angenehme Pflicht, dem Direktor der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten - Kieferchirurgische Klinik - Herrn Prof. Dr. Dr. Scheunemann für die Möglichkeit zu danken, daß ich in dieser Klinik wissenschaftlich arbeiten konnte.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Dr. Hausamen für die Überlassung des Themas und für die kontinuierliche Betreuung und Hilfe während der Ausführung der Arbeit.

Für die Unterstützung bei der histologischen Aufarbeitung der Präparate möchte ich mich bei Fräulein Zerfaß bedanken.

In den Dank einschließen möchte ich auch meine Frau Hedi, die viel Geduld und Verständnis für das Schreiben der Manuskripte aufbrachte.

8. Lebenslauf

Geburtstag, - ort	31.05.1949 in Schwollen/Hunsrück
Eltern	Heinrich Bähren, Lehrer und Elisabeth, geb. Schröder
Schulbesuch	Volksschule in Rott/Westerwald von 1955 - 1959 Besuch des Westerwald-Gymnasiums von 1959 - 1968 Abitur: 20.06.1968
Auslandsaufenthalt	1 - jähriger Schulbesuch von August 1966 - August 1967 in Tacoma/USA
Bundeswehr	Ableistung einer 18 - monatigen Bundeswehrdienstzeit vom 1.10.1968 - 1.3.1970 Dienstgrad: Leutnant
Verheiratung	am 3.3.1972 mit Hedi, geb. Krätz Studentin der Sozialpädagogik

Hochschulstudium

11 Semester an der Johannes-
Gutenberg-Universität Mainz vom
1.4.1970 - 30.9.1975
Zahnmedizin bis zur zahnärztlichen
Vorprüfung, Humanmedizin,
Staatsexamen in Humanmedizin
voraussichtlich im Dezember 1975

city schnelldruck ohg, 87 Würzburg, Marcusstraße 10a